

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 813 662

⑫ N° d'enregistrement national : 00 11289

⑬ Int Cl⁷ : F 28 D 15/02, B 29 C 45/14 // B 29 K 627:18, B 29 L, 31:18

⑭

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 05.09.00.

⑯ Priorité :

⑰ Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.03.02 Bulletin 02/10.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑲ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑴ Demandeur(s) : *ASTRIUM SAS Société par actions simplifiée — FR.*

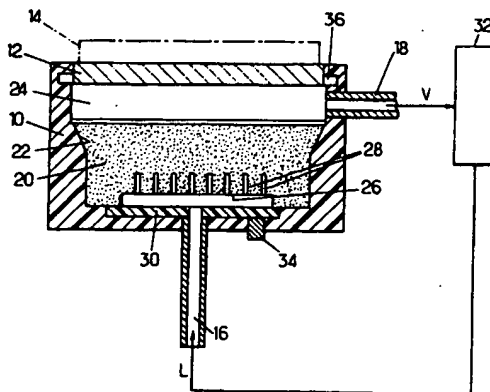
⑵ Inventeur(s) : FIGUS CHRISTOPHE.

⑶ Titulaire(s) :

⑷ Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

⑸ EVAPORATEUR CAPILLAIRE POUR BOUCLE DE TRANSFERT.

⑹ L'évaporateur capillaire pour boucle de transfert thermique comprend, dans un boîtier (10) muni d'un tube (16) d'entrée de liquide de transfert de chaleur et d'un tube (18) de sortie de vapeur, une masse microporeuse (20) séparant, dans le boîtier, un volume de collection de liquide en liaison avec le tube d'entrée et un volume d'évaporation communiquant avec le tube de sortie. Le boîtier est fermé par une plaque métallique d'interface avec la source chaude à refroidir. Le boîtier (10), la masse microporeuse et éventuellement les tubes sont en matière plastique contenant éventuellement des charges en matériau à faible conductivité thermique, et l'évaporateur présente une forme plate dans le sens parallèle à la plaque.



FR 2 813 662 - A1



EVAPORATEUR CAPILLAIRE POUR BOUCLE DE TRANSFERT THERMIQUE

La présente invention concerne les boucles de transfert thermique à circulation de fluide, comprenant un évaporateur destiné à extraire de la chaleur d'une source
5 chaude et un condenseur destiné à restituer cette chaleur à une source froide.

Les boucles de transfert thermique à fluide condensable existant à l'heure actuelle comportent en général un évaporateur, constituant échangeur chaud, ayant un corps métallique et un condenseur, constituant l'échangeur froid, relié à l'évaporateur par des tubes métalliques. L'évaporateur délimite généralement un volume constituant
10 une réserve de fluide à l'état liquide et une masse microporeuse en matériau plastique ou métallique destinée à assurer un pompage par capillarité.

L'invention concerne plus particulièrement les évaporateurs appartenant à des boucles fluides destinés à transmettre des puissances thermiques faibles et présentant une masse et un volume aussi réduits que possible. Les évaporateurs existant à l'heure
15 actuelle remplissent mal ces conditions ; en particulier leur fonctionnement risque de s'interrompre lorsque la puissance à évacuer est faible, notamment du fait des flux thermiques parasites transmis vers l'entrée de liquide dans l'évaporateur. On a eu l'idée de limiter ces flux parasites en utilisant des matériaux de conductivité thermique relativement faible, tels que l'acier inoxydable et le polytétrafluoréthylène pour former la
20 masse microporeuse qui constitue une mèche de pompage capillaire de liquide. Même avec cette disposition, il est souvent nécessaire de prévoir, sur un évaporateur miniature, un élément de refroidissement par effet Peltier compensant le flux thermique parasite vers l'entrée du liquide.

Par ailleurs, il est nécessaire, pour de nombreuses applications, de donner une
25 certaine souplesse aux liaisons de fluide entre l'évaporateur et le condenseur. C'est notamment le cas dans beaucoup de boucles fluides destinées à refroidir des capteurs optiques tels que des matrices à couplage de charges. L'utilisation de tubes en acier inoxydable de faible diamètre, si elle permet d'atteindre la flexibilité requise, a pour contrepartie l'existence de pertes de charge élevées qui réduisent la distance
30 admissible entre évaporateur et condenseur.

La présente invention vise notamment à fournir un évaporateur capillaire miniature répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'il assure un meilleur isolement thermique entre la phase liquide et la phase gazeuse et est réalisable sous forme compacte et à un coût modéré.

5 Dans ce but, l'invention propose notamment un évaporateur capillaire pour boucle de transfert thermique, comprenant, dans un boîtier muni d'un tube d'entrée de liquide de transfert de chaleur et d'un tube de sortie de vapeur, une masse microporeuse séparant, dans le boîtier, un volume de collection de liquide en liaison avec le tube d'entrée et un volume d'évaporation communiquant avec le tube de sortie, le boîtier
10 étant en matériau à faible conductivité thermique et étant fermé par une plaque métallique d'interface avec la source chaude à refroidir, la masse étant en matière plastique, contenant éventuellement des charges en matériau à faible conductivité thermique. L'évaporateur présente avantageusement une forme plate dans le sens parallèle à la plaque. Les tubes peuvent également être en matière plastique. En
15 général, le matériau du boîtier sera une matière plastique, avantageusement avec une conductivité inférieure à 1 W/m/K, au moins dans sa partie proche de l'entrée de liquide.

L'invention présente de nombreuses applications. On peut notamment citer toutes les applications dans le domaine spatial, pour lequel on ne peut compter sur la gravité
20 pour assurer une fonction de retour du liquide. Sur les satellites en particulier, il est nécessaire de disposer d'une boucle de transfert thermique permettant de dissiper une puissance de quelques Watts, en évitant un couplage mécanique rigide entre la structure du satellite, qui constitue la source froide, et le composant à refroidir. Le poids et l'encombrement sont à réduire le plus possible. On peut également citer le
25 refroidissement de composants électroniques placés sur des cartes. La chaleur générée devient maintenant telle qu'il est souvent impossible de la dissiper par le simple emploi de radiateurs directement reliés aux composants.

La masse microporeuse qui à la fois assure un pompage capillaire et isole thermiquement la zone chaude de l'évaporateur, occupée par une phase vapeur, de la
30 zone froide, reliée à l'entrée du liquide, peut notamment être constituée en polytétrafluoréthylène ou en polyéthylène. On cherchera à donner à la masse une

porosité aussi fine que possible, généralement inférieure à 10 μm , et en même temps aussi élevée que possible, tout en maintenant la cohésion de la masse et son adhérence au boîtier de façon à éviter des trajets de fuite de fluide. La masse microporeuse sera généralement en forme de disque circulaire, dont une partie au moins de la paroi latérale est tronconique et en appui sur une face interne également tronconique du boîtier.

Le volume de collection de liquide peut être constitué par un évidement ménagé dans une face de la masse en appui sur le fond du boîtier, complété éventuellement par des fentes parallèles entre elles. Une rondelle métallique est avantageusement noyée dans le fond autour du tube d'entrée du liquide. Elle peut être reliée avec l'extérieur par un pion ou piquage métallique. Un tel piquage peut être relié à un élément Peltier permettant, par chauffage, d'arrêter le fonctionnement de la boucle et, par refroidissement, de compenser les faibles pertes thermiques résiduelles.

Lorsque les tubes d'entrée et de sortie sont en matière plastique, ils présentent une souplesse permettant de tolérer des déplacements relatifs entre l'évaporateur et le condenseur d'une même boucle. Un avantage supplémentaire de cette constitution est que les liaisons entre évaporateur et condenseur sont électriquement isolantes.

Le boîtier ou corps est avantageusement, mais non exclusivement, constitué d'une matière plastique injectable autour de la masse poreuse, sous forme d'une coupelle, afin de faciliter la fabrication. On peut notamment utiliser comme matière plastique le polyétheréthercétone ou PEEK. Le couvercle du boîtier sera au contraire formé par une plaque d'interface en un métal conducteur de la chaleur (aluminium, Inconel ou cuivre en général) permettant un bon transfert thermique.

L'épaisseur des parois dépendra notamment de la nature du fluide utilisé. A l'heure actuelle, on utilise essentiellement, pour les applications à température moyenne ambiante, l'ammoniac. L'ammoniac a l'intérêt d'une pente élevée de la courbe de variation de la pression de saturation en fonction de la température, puisque cette pression passe de 9 bars à 20°C à 30 bars à 60°C. En contrepartie, la pression de saturation élevée aux températures moyennes d'utilisation, par exemple 15 bars à 40°C, exige des parois relativement épaisses. Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser des parois minces pour obtenir un volume et un poids faibles, on peut utiliser d'autres

fluides. L'eau permet par exemple de travailler sous des pressions beaucoup plus faibles. Elle a l'inconvénient d'une faible pente de la courbe pression de saturation - température, mais compense ce défaut par une chaleur latente de vaporisation élevée. Elle est toutefois inutilisable lorsqu'il existe un risque de température inférieure à 0°C.

5 On peut également utiliser le méthanol, dont la température de saturation à pression ambiante est proche de 80°C, ce qui permet d'avoir un système dont l'intérieur est en dépression la plupart du temps et d'éviter les fuites, mais avec l'inconvénient que le méthanol a une faible pente de la courbe température - pression de saturation.

L'invention propose également un procédé de fabrication d'un évaporateur du genre ci-dessus défini, suivant lequel on place, dans un moule d'injection, portant un tube d'entrée et un tube de sortie, une rondelle métallique surmontée d'une masse en matière plastique microporeuse présentant une cavité interne fermée par la rondelle et on injecte un corps en matériau plastique autour de la masse et de la rondelle en ménageant un espace supérieur de façon à constituer un boîtier, puis on ferme le boîtier en immobilisant une plaque métallique d'interface dans l'ouverture du boîtier.

15 Les caractéristiques ci-dessus ainsi que d'autres apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un mode particulier de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif. La description se réfère à la figure unique qui est une vue en coupe d'un évaporateur.

20 L'évaporateur montré schématiquement sur la figure est de forme générale cylindrique et de forme plate, c'est-à-dire que l'épaisseur est nettement inférieure au diamètre. Il peut être regardé comme comprenant un boîtier 10 en matière plastique, en forme de coupelle, fermé par une plaque métallique 12 d'interface avec un élément 14 à refroidir. Un tube d'entrée de liquide 16 traverse le fond et il en est solidaire. Un tube de sortie de vapeur 18 débouche dans le volume intérieur délimité par le boîtier 10, à la partie supérieure de celui-ci.

25 La partie inférieure du volume délimité par le boîtier 10 et la plaque 12 est occupée par une masse microporeuse 20 de pompage capillaire. La face externe de cette masse présente une zone tronconique 22 destinée à s'appliquer contre une fraction de forme correspondante de la paroi interne du boîtier, de façon à fournir une liaison limitant les fuites de fluide le long de la paroi. La face supérieure de la masse microporeuse est à

distance de la plaque 12, de façon à délimiter avec elle un volume 24 de collection de vapeur. Un évidement 26 ménagé dans la partie centrale de la face inférieure de la masse délimite une cavité d'expansion du liquide admis par le tube 16. Cette cavité peut être en forme de disque ou de disque complété par des espaces supplémentaires minces formés par des rainures ou fentes parallèles 28.

Dans le mode de réalisation illustré, nullement limitatif, une rondelle métallique 30, dont le rôle lors de la fabrication apparaîtra plus loin, est noyée dans le fond du boîtier, de façon telle que sa face supérieure soit au même niveau que le fond. Elle a un diamètre légèrement plus grand que celui de l'évidement 26.

La rondelle métallique 30, lorsqu'elle est prévue, permet de faire une liaison thermique avec l'extérieur facilitant le contrôle du fonctionnement de la boucle de transfert de chaleur constitué par l'évaporateur, les tubes 16 et 18 et un condenseur 32. Pour cela, il suffit de relier la rondelle 30 à l'extérieur par un pion 34 en matériau conducteur de la chaleur, généralement constitué du même métal que la rondelle 30. Un tel pion peut être relié en particulier à un élément Peltier qui permet à volonté de réchauffer ou de refroidir la cavité.

La plaque 12 d'interface peut notamment être fixée de façon permanente au boîtier par injection de matière plastique dans une gorge circulaire 36 ménagée dans la face interne du boîtier.

Conformément à l'invention, la masse microporeuse 20 et le boîtier 10 sont constitués en une matière plastique ou des matières plastiques différentes ayant une faible conductivité thermique. Si la matière plastique constitutive du boîtier contient des charges, celles-ci sont également en matériau aussi peu conducteur que possible.

On peut notamment utiliser les fibres de verre ou, à faible teneur, de carbone.

La masse microporeuse 20, constituant une mèche de pompage capillaire, peut notamment être en polytétrafluoréthylène et en polyéthylène. On peut cependant utiliser d'autres matières plastique ayant une faible conductivité thermique. La forme plate de l'évaporateur permet d'accepter l'emploi de matériaux sujets au fluage, à condition qu'ils puissent être réalisées sous forme de masse poreuse, alors que leur utilisation aurait été difficile dans les évaporateurs de l'art antérieur du fait de cette tendance au fluage. On peut notamment mentionner la polyétheréthércétone ou PEEK, en plus du

PE et du PTFE. La PEEK a une bonne tenue mécanique, une bonne tenue aux radiations qui est avantageuse dans le cas d'un évaporateur soumis à des rayonnements intenses, une température de fusion élevée, supérieure à 100°C, et une capacité de moulage par injection. La plaque métallique 24 peut être en l'un des métaux courants, notamment en aluminium ou en cuivre lorsqu'on recherche une conduction thermique particulièrement élevée, en Inconel ou même en acier inoxydable dans d'autres cas.

Le volume d'un tel évaporateur peut être très faible lorsque les puissances à dissiper sont elles-mêmes faibles. Pour des puissances à évacuer inférieures à 50 Watts, on peut notamment donner à l'évaporateur une surface de plaque 12 inférieure à 10 cm² et un poids inférieur à 100 g.

Un évaporateur a notamment été réalisé en utilisant une masse poreuse en PTFE, un boîtier en PEEK et des tubes 16 et 18 en PEEK. De tels tubes, lorsqu'ils ont un faible diamètre et une faible épaisseur, et notamment possible avec des fluides à faible pression de saturation, permettent de donner une souplesse élevée à la liaison avec le condenseur 32.

La hauteur de l'évaporateur était de 15 mm et son diamètre de 3 cm.

Grâce au caractère isolant du boîtier, de la masse microporeuse et des tubes, la conductance thermique globale entre l'élément 14 et la source froide reliée au condenseur 32 dépassait 0.8 W/K.

Un mode particulier de fabrication utilise des techniques d'injection. On commence par empiler l'une sur l'autre la rondelle 30 et la masse microporeuse 20. On place l'ensemble dans un moule où ont déjà été mis en place les tubes 16 et 18. On injecte ensuite la matière plastique destinée à constituer le boîtier 10. Au cours de cette injection, les parois latérales de la masse microporeuse adhèrent fortement au boîtier, ce qui évite les fuites de fluide. La plaque 12 est ensuite mise en place et fixée par injection de matière plastique dans la gorge 36. Un autre mode utilise l'assemblage par collage de pièces réalisées séparément.

Les termes "supérieur" et "inférieur" ont été utilisés dans la description qui précède dans un but de simplicité mais ne correspondent pas à une disposition

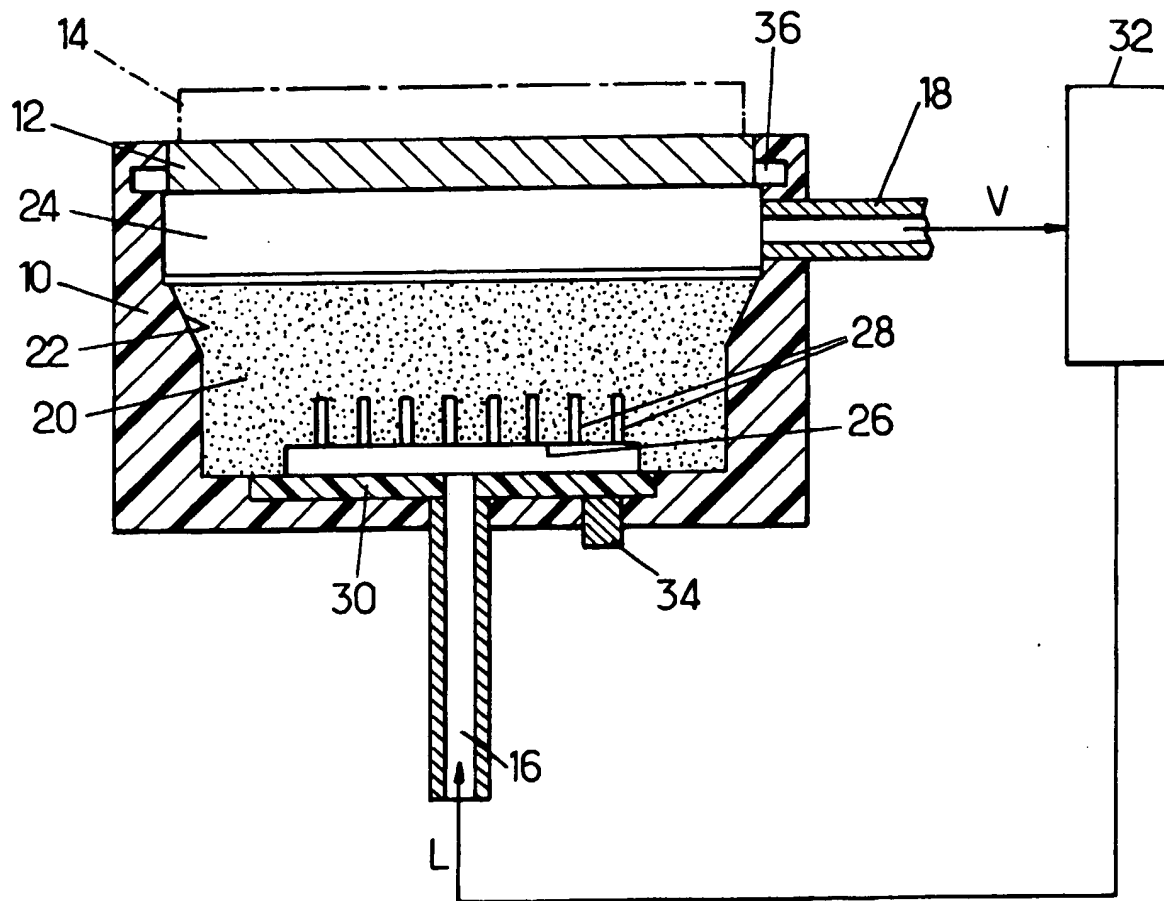
obligatoire de l'évaporateur qui est capable de fonctionner dans n'importe quelle orientation, aussi bien en présence qu'en l'absence de gravité.

REVENDICATIONS

1. Evaporateur capillaire pour boucle de transfert thermique, comprenant, dans un boîtier (10) muni d'un tube (16) d'entrée de liquide de transfert de chaleur et d'un tube (18) de sortie de vapeur, une masse microporeuse (20) séparant, dans le boîtier,
5 un volume de collection de liquide en liaison avec le tube d'entrée et un volume d'évaporation communiquant avec le tube de sortie et fermé par une plaque métallique d'interface avec la source chaude à refroidir, caractérisé en ce que le boîtier (10) est en matériau à faible conductivité thermique et la masse microporeuse est en matière
10 thermique.
2. Evaporateur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il présente une forme plate dans le sens parallèle à la plaque.
3. Evaporateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le boîtier (10) est en matière plastique, au moins dans sa partie proche de l'entrée de liquide.
- 15 4. Evaporateur selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que le boîtier est en polyétheréthercétone.
5. Evaporateur selon la revendication 1 ou 2,, caractérisé en ce que la masse microporeuse (20) est en PTFE ou PE.
6. Evaporateur selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce la masse
20 microporeuse (20) est en forme de disque circulaire dont une partie au moins de la paroi latérale est tronconique et en appui sur une face interne également tronconique du boîtier.
7. Evaporateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par un évidement (20) ménagé dans la face de la masse microporeuse (20)
25 en contact avec le fond du boîtier (10) pour constituer une cavité d'expansion pour le liquide entrant par le tube d'entrée (16).
8. Evaporateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par une rondelle métallique (30) noyée dans le fond du boîtier (10) entourant le débouché du tube d'entrée (16) et reliée à l'extérieur par un pion métallique
30 (34).

9. Boucle de transfert thermique comprenant un évaporateur selon l'une quelconque des revendications précédentes et un condenseur, la dite boucle contenant un fluide de transfert thermique constitué par l'ammoniac, le méthanol ou l'eau.

10. Procédé de fabrication d'un évaporateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on place, dans un moule d'injection, portant un tube d'entrée et un tube de sortie, une rondelle métallique surmontée d'une masse en matière plastique microporeuse présentant une cavité interne fermée par la rondelle et on injecte un corps en matériau plastique autour de la masse et de la rondelle en ménageant un espace supérieur de façon à constituer un boîtier, puis on ferme le boîtier en immobilisant une plaque métallique d'interface dans l'ouverture du boîtier.





INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

2813662

N° d'enregistrement
national

FA 591989

FR 0011289

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 725 049 A (SWANSON THEODORE D ET AL) 10 mars 1998 (1998-03-10) * colonne 2, ligne 6 - ligne 22 * * colonne 2, ligne 67 - colonne 3, ligne 3 * * colonne 5, ligne 43 - colonne 6, ligne 43 * * colonne 7, ligne 39 - ligne 49 * * colonne 8, ligne 17 - ligne 65 * * figures 1-3 *	1-3, 5, 7, 9	F28D15/02 B29C45/14
A	US 5 761 037 A (CHRYSLER GREGORY MARTIN ET AL) 2 juin 1998 (1998-06-02) * colonne 3, ligne 45 - colonne 4, ligne 29 * * colonne 4, ligne 61 - colonne 5, ligne 4 * * figures 1, 2, 4 *	1-3	
A	EP 0 806 620 A (MATRA MARCONI SPACE UK LTD) 12 novembre 1997 (1997-11-12) * colonne 4, ligne 11 - ligne 40 * * colonne 5, ligne 43 - ligne 57 * * figures 5-7 *	1, 5, 9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.Cl.7) F28D
A	US 5 642 776 A (MEYER IV GEORGE A ET AL) 1 juillet 1997 (1997-07-01) * colonne 1, ligne 66 - colonne 2, ligne 37 * * colonne 2, ligne 60 - colonne 3, ligne 21 * * colonne 3, ligne 64 - colonne 4, ligne 39 * * figure 1 *	1-3, 5	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 mai 2001		Coquau, S	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

BEST AVAILABLE COPY